



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

### **Trauma acústico e o ruído industrial**

Carlos Daniel de Figueiredo Jorge Santos

---

**ABRIL'2020**



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

### **Trauma acústico e o ruído industrial**

Carlos Daniel de Figueiredo Jorge Santos

**Orientado por:**

Prof. Doutor Augusto Cassul

---

**ABRIL'2020**

## **Resumo**

A exposição ocupacional ao ruído excessivo é um perigo para a saúde dos trabalhadores, assumido pela Organização Mundial de Saúde como o responsável por 16% das perdas auditivas em todo o mundo. Como tal, torna-se premente estudar esta temática com o objetivo de prevenir danos na saúde dos trabalhadores e promover a sua saúde. Desde meados de 1960 até à atualidade, vários estudos foram realizados, relacionando o trauma acústico com a exposição ocupacional ao ruído, identificando a sua etiologia, fisiologia, métodos de diagnóstico, tratamentos e medidas de minimização dos efeitos na saúde decorrentes da exposição a ruído excessivo. O trauma acústico pode ocorrer após uma exposição a um ruído excessivo prolongada no tempo, a uma exposição curta a um ruído de elevada intensidade, criando danos das células ciliadas auditivas por via mecânica ou metabólica, sendo o principal sintoma o acufeno (com maior incidência à esquerda), a elevação do limiar de audição ou a perda de audição temporária ou definitiva. Podem existir manifestações extra-auditivas, tais como a ansiedade, perturbações cardiovasculares (essencialmente a hipertensão) e isolamento social. O diagnóstico da surdez auditiva pode ser feito através de vários testes, nomeadamente o audiograma tonal e as otoemissões acústicas. O tratamento do trauma acústico passa por abordagens médicas (com a utilização de fármacos corticoesteróides) e cirúrgicas (implantes cocleares), que levarão a uma melhoria na capacidade auditiva, nomeadamente nas frequências de som características da conversação humana. A prevenção primária da surdez auditiva induzida pelo trauma acústico após a exposição ocupacional, passa pela elaboração e adoção de programas e planos de prevenção a ser adotados e implementados pelos governos, empresas e trabalhadores. Atualmente existem leis e normas vigentes em grande parte dos países do mundo, que estabelecem limites de exposição ao ruído e preveem medidas estruturais, organizacionais e de monitorização para a proteção da saúde dos trabalhadores.

**Palavras-chave:** Perda, auditiva, ruído, ocupacional, saúde, audiograma

## **Abstract**

Occupational exposure to excessive noise is a danger to the health of workers, assumed by the World Health Organization to be responsible for 16% of hearing loss worldwide. As such, it is urgent to study this topic in order to prevent damage to the health of workers and promote their welfare. From the mid-1960s to the present, several studies have been carried out, relating acoustic trauma to occupational noise exposure, identifying its etiology, physiology, diagnostic methods, treatments and measures to minimize the effects on health resulting from exposure to excessive noise. Acoustic trauma can occur after prolonged exposure to excessive noise or short exposure to high intensity noise, creating damage to the hearing hair cells by mechanical or metabolic pathway. The main symptom is the tinnitus (with greater incidence on the left hear), the raise of the hearing threshold and temporary or permanent hearing loss. There may be extra-auditory manifestations, such as anxiety, cardiovascular disorders (essentially hypertension) and social isolation. The diagnosis of hearing deafness can be made through several tests, like the tonal audiogram and the acoustic otoemissions. The treatment of acoustic trauma involves medical (with the use of corticosteroid drugs) and surgical (cochlear implants) approaches, which will lead to an improvement in hearing capacity, specially in the sound frequencies characteristic of human conversation. The primary prevention of hearing loss induced by acoustic trauma after occupational exposure, involves the preparation and adoption of prevention programs and plans to be adopted and implemented by governments, companies and workers. Currently, there are laws and regulations in most countries around the world, which establish noise exposure limits and recomend structural, organizational and monitoring measures to protect workers' health.

**Keywords:** Loss, hearing, noise, occupational, health, audiogram

**O Trabalho Final exprime a opinião do autor e não da FML.**

## **Lista de abreviaturas e siglas**

a.C. – antes de Cristo

ADN - ácido desoxirribonucleico

CAE – canal auditivo externo

dB – decibel

DL – Decreto-Lei

EN – Norma europeia

Hz – Hertz

NP – Norma Portuguesa

OEA – Otoemissões acústicas

OMS – Organização Mundial da Saúde

UE – União Europeia

## Índice

<b>Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>O som, o ruído e o trauma sonoro .....</b>	<b>8</b>
Perspetiva Histórica do ruído e a saúde humana .....	8
O Ruído...da Antiguidade à Atualidade.....	9
<b>Anatomia e fisiologia da audição.....</b>	<b>10</b>
<b>Impacto do ruído na saúde humana .....</b>	<b>12</b>
Tipos de perda auditiva.....	14
Mecanismos de Lesão.....	14
Consequências na saúde .....	16
Fatores de risco e suscetibilidade individual .....	17
<b>Métodos de diagnóstico .....</b>	<b>18</b>
Exame Objetivo .....	18
Exames audiométricos .....	19
<b>Tratamento.....</b>	<b>20</b>
Medidas Farmacológicas .....	20
Implantes cocleares.....	21
<b>Prevenção e promoção de saúde.....</b>	<b>22</b>
Normas e Legislação Portuguesa.....	23
<b>Conclusão .....</b>	<b>24</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>26</b>

## Introdução

A indústria, em particular após a Revolução Industrial, contribuiu para o avanço da tecnologia e da civilização moderna e com esse progresso, surgiram inevitavelmente novos paradigmas relativos à saúde dos trabalhadores. Entre eles, a perda auditiva relacionada com a exposição ao ruído no local de trabalho, a doença profissional mais prevalente no mundo (1–3) e a primeira causa de perda auditiva nos adultos e consequentemente uma preocupação de saúde pública (1,2).

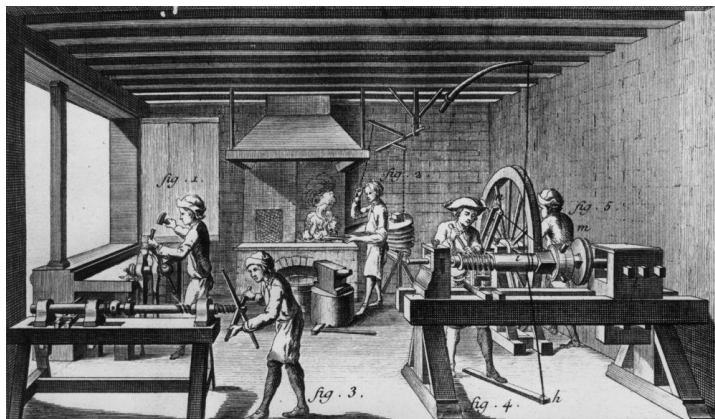


Figura 1 - Representação gráfica de uma indústria no séc. XVIII (fonte: Hulton Archive/Getty Images)

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que entre 10 a 12% da população mundial está exposta a níveis de pressão sonora elevados e que por esse facto, estes indivíduos podem sofrer perdas auditivas (2,4), podendo a exposição ao ruído ocupacional representar cerca de 16% dos casos de perda auditiva em todo o mundo (3,5). Na União Europeia (UE) estima-se que cerca de 20% de todos os trabalhadores estejam expostos a ruído prejudicial para a saúde no local de trabalho, abrangendo todos os sectores de atividade profissional (2).

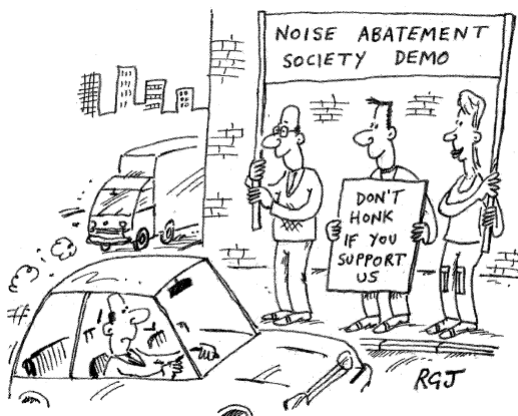


Figura 2 – Desenho publicitário da Sociedade de Redução de Ruído (fonte: *The Strange Stillness of the Past: Toward an Environmental History of Sound and Noise*, 2014)

## **O som, o ruído e o trauma sonoro**

A palavra som deriva da palavra latina “sonu”, que significa tudo que provoca uma reacção no ouvido. A definição de som de um ponto de vista físico é um pouco mais complexa, tratando-se o som essencialmente de uma onda longitudinal de compressão e rarefação de um dado meio, provocada pela vibração de um corpo (1).

O ouvido humano detecta sons de 20 a 20.000 Hz, sendo definida como faixa audível de frequências ou banda audível.

Na música, o timbre é uma característica sonora que define um som produzido por um determinado instrumento musical e que nos permite diferenciá-lo de sons produzidos por outros instrumentos.

O ruído define-se como um som ou conjunto de sons incómodos, não desejáveis e/ou perigosos, capazes de alterar o bem-estar fisiológico ou psicológico, de provocar lesões auditivas, que em casos extremos pode levar à perda auditiva (1).

O ruído excessivo é encontrado, cada vez mais, nos locais de trabalho e também nas atividades da vida diária. O ruído ambiental de fontes não ocupacionais, como o tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo contribui para a perda de cerca de 1,6 milhões de anos de vida ajustados pela incapacidade, nos países da Europa Ocidental (3).

Além disso, existe uma preocupação crescente com a exposição cada vez maior ao ruído em ambientes recreativos, tais como discotecas, cinemas, concertos, eventos desportivos ao vivo ou aulas de ginásio e pela utilização de auscultadores para ouvir música ou jogar videojogos, que habitualmente são utilizados com intensidades sonoras elevada (6).

### Perspetiva Histórica do ruído e a saúde humana

O ser humano sempre viveu em ambientes rodeados por estímulos sonoros, que desde a Antiguidade, contribuíram para o declínio da audição daqueles que estavam expostos aos ruídos mais intensos. A invenção da pólvora e a Revolução Industrial introduziram nas sociedades novos sons, de maior intensidade do que nunca. No entanto, apenas nos últimos 40 anos se iniciaram esforços sérios para reduzir o ruído excessivo nos locais de



trabalho. A partir da segunda metade do século XX, vários países impuseram regulamentos para limitar a exposição dos trabalhadores a ruído excessivo.

#### O Ruído...da Antiguidade à Atualidade

Os primeiros relatos de medidas que previam a redução de ruído na sociedade, remontam a 720 a.C., quando a colônia grega Sybaris, decretou limites na atividade de alguns comerciantes, devido ao ruído causado durante o comércio nas áreas residenciais. Também por volta da mesma época, em Roma, foram registadas queixas da população relacionadas com o tráfego de carroças e animais. (7). Nesta época, em plena Idade do Bronze, havia um grande número de metalúrgicos, que certamente estariam expostos a ruído excessivo durante a sua atividade profissional. No entanto não existem relatos que forneçam dados sobre a prevalência de perda auditiva induzida pelo ruído, e tendo em conta que nesta época e na região do Mediterrâneo a idade da morte rondava os 44 anos, poderá supor-se que muitos trabalhadores morriam de doença, na guerra ou em acidentes, antes que a perda auditiva se tornasse evidente (2).

Poderá supor-se que os efeitos prejudiciais do ruído excessivo no aparelho auditivo, tenham surgido essencialmente após a invenção da pólvora, trazida para a Europa através da China no século XIII. No século seguinte, em Londres, devido ao ruído excessivo e ao fumo provocado pelos ferreiros, estes foram obrigados a restringir o seu horário de trabalho e a transportar as suas ferrarias para locais fora dos bairros residenciais (2).

Mas é apenas no séc. XVI, que o médico Bernardo Ramazzini, publicou, pela primeira vez, um documento científico que abordava a perda auditiva associada ao excesso de ruído durante a exposição ocupacional - *De Morbis Artificum Diatriba*. Neste livro foram listadas e analisadas algumas doenças relacionadas com a perda auditiva relacionada com o ruído, tendo em conta praticamente todas as profissões existentes naquele momento (2).

Em meados do séc. XVIII, surgiu um novo tipo de máquina, o motor a vapor Watt, desenvolvido pelo engenheiro mecânico escocês James Watt. Esta invenção levou à criação de máquinas de cariz industrial e que, colocadas juntas e alimentadas por uma série de correias e eixos com um motor a vapor, em vez de uma roda de vento ou de água, poderiam obter níveis de produção bastante mais elevadas que no passado. Iniciava-se a Revolução Industrial (2).

E com o avanço e progresso desta revolução, centenas de postos de trabalho foram criados, expondo milhares de trabalhadores a ruído excessivo. O ruído de algumas fábricas era tão intenso que, mesmo distanciando-se a centenas de metros das cidades, alguns municípios exigiam que essas indústrias estivessem fora dos limites da cidade. Embora tenha havido preocupação com a saúde dos trabalhadores e das populações nos primeiros anos da Revolução Industrial, foi durante os últimos anos da Revolução Industrial (entre 1820 a 1840), que alguns cidadãos, entre eles médicos e políticos, fizeram esforços conjuntos para reduzir os riscos enfrentados pelos trabalhadores (2).

No início do século XIX, o médico Caleb Hillier Parry, relatou casos de surdez em marinheiros que estiveram previamente expostos ao ruído de explosões provenientes dos tiros de canhões. Em 1860, em Inglaterra, foi identificado um padrão de perda auditiva assimétrica em praticantes de desportos com armas de fogo, bem como a existência de zumbido nestes desportistas e a noção de que a exposição gradual a ruídos intensos poderia provocar efeitos na audição (7).

A considerável falta de informação científica que relatasse o efeito da exposição crónica ao ruído durante o trabalho, retardou a formulação de padrões e a elaboração de regulamentos para limitar a exposição ao ruído pelos trabalhadores. Contudo, em meados do séc. XX, foram utilizados os primeiros dispositivos de medição de som, permitindo conhecer os níveis sonoros existentes nos locais de trabalho. Um dos primeiros estudos foi realizado numa fábrica escocesa onde se encontravam alguns teares instalados em 1892. Com o dispositivo de medição de som foram registados níveis sonoros constantes que variavam de 92 a 101 dB (A) e valores de pico entre 107–119 dB (A). Foi com base neste estudo e um outro elaborado por Taylor em 1965, que foi descrito o desenvolvimento e a progressão da perda auditiva em trabalhadores expostos a ruídos excessivos e confirmada que a maior perda auditiva se situava na frequência de 4.000 Hz. No final do século, muitos países elaboraram regulamentos e legislação que especificava um nível sonoro máximo (85 dB(A)) para a exposição ao ruído dos trabalhadores durante as 8 horas diárias de trabalho (8).

### **Anatomia e fisiologia da audição**

O ouvido é formado por um conjunto de órgãos especializados que processam estímulos emitidos pelo mundo exterior e os traduzem em sons, dentro de uma determinada gama de frequências e intensidades.

Anatomicamente, o ouvido é constituído por três partes essenciais:

- ouvido externo (pavilhão auricular e canal auditivo externo (CAE))
- ouvido médio (membrana do tímpano, músculos - tensor do tímpano e estapédio, e os ossículos - martelo, bigorna e estribo)
- ouvido interno (cóclea, perilinfa, órgão de Corti e canais semicirculares)

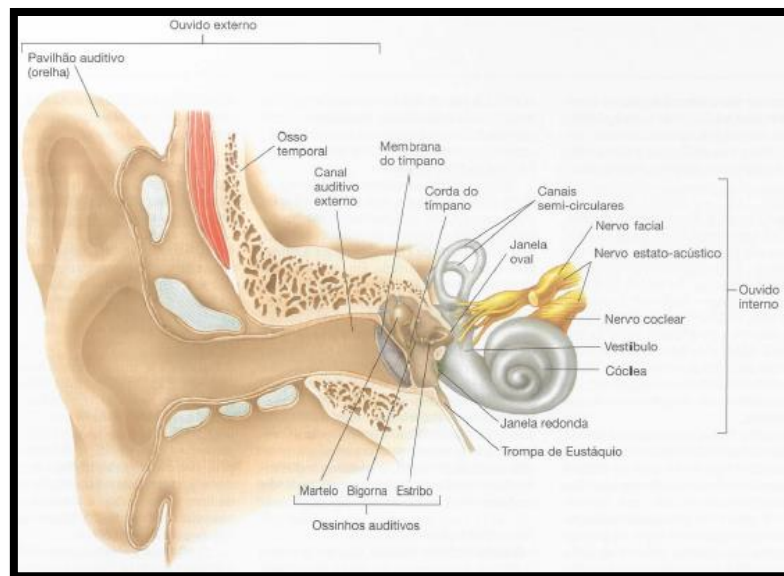


Figura 3 - Anatomia do ouvido (fonte: Netter - Anatomia Humana, 7ª edição - Elsevier)

As ondas sonoras viajam através do ouvido externo até entrar na membrana timpânica, causando vibrações transferidas pela cadeia ossicular para a janela oval, que se situa entre o ouvido médio e o ouvido interno. Aqui geram-se ondas de pressão que se propagam através da perilinfa por toda a cóclea, o que produz um deslocamento das membranas basilar e tectória, que em contato com as células ciliadas no órgão de Corti, geram os impulsos nervosos, sendo a integração dos sons feita no sistema nervoso central, através do nervo auditivo (4).

Do ponto de vista funcional, o ouvido externo e o ouvido médio estão associados à receção dos sons e transformação de energia acústica em energia mecânica e o ouvido interno à transformação desta energia numa série de impulsos nervosos que serão encaminhados para o cérebro (4).

Caso exista exposição a níveis sonoros elevados, o ouvido possui um mecanismo de proteção, que passa pela contração do músculo estapédio, reduzindo assim a amplitude do movimento dos ossículos, limitando a intensidade sonora transmitida ao ouvido interno (4).

Esta teoria de fisiologia da audição foi apresentada em 1863 pelo médico alemão Hermann von Helmholtz e é designada como a “Teoria da Ressonância”, sendo a mais aceite no mundo científico (9).

### **Impacto do ruído na saúde humana**

O ruído é um som incomodo e indesejado que produz uma sensação desagradável ou incomodativa, cuja intensidade é medida em decibel (dB). Constitui uma causa de incómodo e um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, provocando muitas vezes fadiga geral e, em casos extremos, o trauma acústico e alterações fisiológicas extra-auditivas.

O som possui um espectro de frequências, sendo que em ambientes industriais existem diversas intensidades de sons em várias frequências que ocorrem num determinado momento, tornando o ruído industrial numa combinação de vários tipos de ruído:

- uniforme e contínuo (pequenas flutuações como um motor elétrico);
- uniforme intermitente (constante que inicia e termina alternadamente, como uma máquina automática)
- flutuante (varia mas mantém um valor médio constante num longo período, como na rebarbagem)
- impulsivo (duração menor que um segundo, como a rebitagem).

De acordo com o Decreto-Lei (DL) n.º 182/2006, de 6 de Setembro, existem valores limites de exposição e valores de ação de exposição (inferiores e superiores) que devem ser considerados e respeitados de modo a que a saúde auditiva dos trabalhadores não seja prejudicada, sendo necessário adotar medidas de proteção ao ruído, consoante estes valores sejam ultrapassados ou não, tais como (1,7,11):

- Valores limites de exposição: LEX, 8h = 87 dB(A) e LCpico = 140 dN(C)
- Valores de ação superiores: LEX, 8h = 85 dB(A) e LCpico = 137 dN(C)
- Valores de ação inferiores: LEX, 8h = 80 dB(A) e LCpico = 135 dN(C)

Apesar das medidas de proteção da saúde implementadas nos últimos anos, um em cada cinco trabalhadores europeus tem de elevar a voz, no mínimo, metade das vezes que pretende falar quando se encontra no local de trabalho e cerca de 7% sofrem de perda de audição causada pelo ruído ocupacional, sendo a doença ocupacional mais prevalente na Europa. Atualmente é considerada como a segunda causa mais comum de surdez neurossensorial (precedida apenas pela presbiacusia).

A perda de audição pode ser também causada ou agravada pela utilização de produtos químicos, tais como solventes, metais, medicamentos e substâncias asfixiantes. As indústrias onde se usam este tipo de substâncias são por exemplo: tipografia, pintura, agricultura, mineira, química, fundições e construção.

Diversos estudos no âmbito do ruído foram elaborados tendo em conta várias profissões com exposição excessiva ao ruído e em todos eles se verificou uma diminuição da acuidade auditiva:

- trabalhadores de uma metalomecânica demonstraram uma perda auditiva de cerca de 28 dB(A) (11);
- trabalhadores de uma cimenteira apresentaram hipoacusia grave (13,8%), hipoacusia moderada (11,9%) e hipoacusia ligeira (29,4%) (1);
- em músicos profissionais, 50% dos indivíduos apresentaram perdas auditivas até 15 dB(A);
- os trabalhadores aeroportuários demonstraram ter uma perda auditiva entre 15,3% e 33,5%;
- os mineiros demonstraram ter consequências auditivas e vestibulares, com perda da condução do som em 85,7% e na percepção do som em 61,2% (nível coclear).
- os militares apresentaram perfuração da membrana timpânica e otorragia, sendo a perda auditiva neurossensorial em espaço aberto de 62,77%, semiaberto de 6,86% e fechado de 73,33%.

Existe evidência que os indivíduos com perda auditiva de condução poderão melhorar no prazo de um ano, enquanto os indivíduos com perda auditiva neurossensorial nunca irão recuperar a percentagem de audição perdida, sendo este tipo de surdez a mais prevalente nos ambientes ocupacionais (12).

Para além de causar consequências diretas na saúde dos trabalhadores, o ruído pode também causar acidentes de trabalho, pois interfere com a comunicação e dificulta a audição no local de trabalho. Por este facto, alguns trabalhadores podem sofrer de stress no local de trabalho e caso já possuam deficiências auditivas existe um risco acrescido de ocorrer um acidente de trabalho.

No entanto, o risco para a saúde dos trabalhadores não depende só das características do ruído, mas também depende de outros fatores, tais como: tempo de exposição, tipo de ruído, distância da fonte de ruído, sensibilidade individual, fatores de risco, danos prévios na audição e as características do local de trabalho.

### Tipos de perda auditiva

Segundo o Bureau International d'Audio-Phonologie, a perda auditiva é classificada de acordo com os limiares auditivos obtidos num exame de audição, o audiograma tonal. Esse exame revela a existência ou não de uma perda auditiva, relativamente à audição considerada normal. Assim, o grau de audição pode ser classificado em:

Audição Normal: o limiar auditivo médio não ultrapassa os 20 dB.

Perda auditiva:

1. Surdez Ligeira: Perda auditiva de 21 a 40 dB;
2. Surdez Moderada:
  - 1º grau: perda auditiva de 41 a 55 dB;
  - 2º grau: perda auditiva de 56 a 70 dB;
3. Surdez Severa:
  - 1º grau: perda auditiva de 71 a 80 dB;
  - 2º grau: perda auditiva de 81 a 90 dB;
4. Surdez Profunda:
  - 1º grau: perda auditiva de 91 a 100 dB;
  - 2º grau: perda auditiva de 101 a 110 dB;
  - 3º grau: perda auditiva de 111 a 119 dB;
5. Surdez Total (Cofose) Perda auditiva média de 120 dB.

### Mecanismos de Lesão

A exposição excessiva ao ruído pode causar lesão através de dois mecanismos fundamentais:

- Trauma mecânico – é causado diretamente pela vibração da onda sonora que compromete a integridade da estrutura das células do órgão de Corti, nomeadamente dos estereocílios, levando à perda da sua rigidez. Em situações em que a intensidade sonora se situa abaixo dos 130 dB(A) o trauma é essencialmente metabólico;
- Trauma metabólico – a exposição intensa a sons de elevada intensidade leva a um acréscimo dos requisitos energéticos e consequentemente a um maior consumo de oxigénio que leva à formação de grandes quantidades de espécies reativas de oxigénio e de azoto as quais os mecanismos de defesa anti-oxidantes celulares não conseguem controlar. Este tipo de trauma pode também ser causado por fármacos ototóxicos, como por exemplo os aminoglicosídeos, diuréticos de ansa e alguns citostáticos.

Ambos os mecanismos podem levar à morte celular que ocorre por apoptose. Intensidades sonoras extremas podem levar à disrupção das membranas celulares, deslocamento das articulações da cadeia ossicular, fratura da lâmina reticular e rutura da membrana de Reissner, sendo estas lesões irreversíveis. A localização do dano na cóclea está relacionada com a frequência do ruído. Uma vez que estas células não têm capacidade regenerativa, vão ser substituídas por tecido cicatricial e consequentemente a função auditiva irá deteriorar-se (5,7,14).

O processo inflamatório poderá também estar envolvido na causa que leva a lesão tecidual auditiva por isquemia associada ao vasoespasma (4). A resolução do vasoespasma induzido pela inflamação foi associada à melhoria da audição. Nestes casos o padrão de perda auditiva inicia-se com uma perda súbita de audição em várias frequências, o que na maioria dos casos, é unilateral (14).

Alguns produtos químicos utilizados em determinadas profissões podem ser ototóxicos, solventes, metais pesados. Alguns efeitos destes produtos podem mimetizar a perda auditiva induzida pelo ruído o que dificultam por vezes, quais os agentes causas da perda de ruído durante o trabalho, dado que existe alguma variabilidade individual para o surgimento desta patologia. Alguns fármacos podem também causar perda auditiva, tais como a gentamicina ou agentes quimioterápicos (2).

### Consequências na saúde

O quadro clínico habitualmente apresentado após um trauma acústico apresenta os seguintes sinais e sintomas: otalgia, algiacusia, acufenos, perda auditiva, otorreia e vertigem; qualquer um destes sinais ou sintomas que pode ser uni ou bilateral (5,10). No entanto, em alguns casos o ouvido esquerdo (na audição e equilíbrio) é mais afetado pelo ruído, mesmo na presença de exposição simétrica ao ruído (15).

As principais consequências na saúde auditiva, após trauma acústico podem ser:

- **Alteração temporária do limiar auditivo (fadiga auditiva)**

Representa uma mudança da sensibilidade da audição e depende da suscetibilidade individual, do tempo de exposição e da intensidade do ruído, normalizando gradualmente cessada a exposição (após primeiras 2 ou 3 horas).

- **Alteração permanente do limiar auditivo**

Decorre de exposições prolongadas a ruído excessivo. Habitualmente inicia-se com acufenos, cefaleias, fadiga e tontura (15). A subida do limiar de audição e a perda de sensibilidade a sons de frequência específicas, deve-se geralmente devido à exposição a ruído excessivo na gama das frequências de 2kHz a 6kHz (5).

- **Aumento da sensibilidade à intensidade do som**

Hipersensibilidade a intensidade do som dificulta muito a compreensão da fala e provoca distorção na perceção de sons complexos, como a música.

- **Diminuição da seletividade das frequências**

Dificuldade em compreender a palavras em situações sociais

- **Dificuldade em localizar a fonte sonora**

Dificuldade em apreender as variações temporais do som que dificultam a deteção, identificação e localização das fontes sonoras.

- **Acufenos**



Lesões localizadas nas estruturas do ouvido interno que alteram a catividade do nervo auditivo (6). Sensação de som na ausência de estímulos sonoros externos. Resulta geralmente de exposição crónica ou aguda a ruído excessivo e pode ocorrer sem perda auditiva mensurável (16). O acufeno resulta habitualmente após uma exposição aguda e a sua gravidade é variável, consoante as características da exposição ao ruído. Podem provocar dificuldades de concentração, insónia e stress, que pode levar a depressão e em casos extremos ao suicídio (17). Caso seja temporário pode ter uma duração de minutos a horas, no entanto se for permanente, há diminuição da audição de magnitude variável e irreversível, causada pela destruição parcial ou total das células do ouvido interno e por vezes, do ouvido médio (5,7,13,14).

Outros sintomas podem incluir a distorção sonora, a displacúsia (ouvir o mesmo som em duas frequências diferentes)(17), irritabilidade a sons intensos(3), isolamento social, stress e fadiga, depressão, declínio cognitivo, demência, quedas, aumento de hospitalizações e mortalidade (2), afetar a qualidade de vida e provocar distúrbios do sono (18) doenças cardiovasculares (2,19,20).

#### Fatores de risco e suscetibilidade individual

Importa considerar que perante a suscetibilidade individual para a perda auditiva induzida pelo ruído, podem haver diferentes graus de dano e indivíduos expostos ao mesmo ruído (6).

A suscetibilidade individual em caso de perda auditiva, pode ter por base uma predisposição genética e outros fatores predisponentes como a idade, estado psicológico, história de doenças crónicas (hipertensão, diabetes) ou fatores de risco, como o tempo de exposição ao ruído, a toma de fármacos ototóxicos, o consumo de álcool, tabagismo a toma de consumo de drogas (5,7,13,19).

A perda auditiva induzida pelo ruído resulta de uma interação entre fatores genéticos e ambientais. A herdabilidade pode justificar até 50% da variabilidade da perda auditiva (18).

## **Métodos de diagnóstico**

Os indivíduos expostos ao ruído deverão ser sujeitos a exames médicos regulares, que poderá ser anualmente ou de 2 em 2 anos (1,11), de acordo com os resultados da avaliação de riscos realizada no âmbito do ruído ocupacional. Para a avaliação completa e precisa do estado de saúde auditiva do indivíduo devem ser colhida a história clínica, realizado o exame objectivo e exames audiométricos(sendo os mais sensíveis o audiograma e as emissões otoacústicas) (3,11,13,18,20).

Somente o exame otológico e audiométrico, as perdas auditivas passam despercebidas e são consultadas apenas quando a surdez é grave e interrompe a comunicação.

### Exame Objectivo

- **Otoscopia**

Consiste na visualização direta do canal auditivo externo e da membrana timpânica, recorrendo a um otoscópio.

- **Teste de Rinne**

Um diapasão de 512 Hz, ou de 256 ou 128 Hz em ambientes com maior ruído de fundo é colocado sobre a mastóide até que o paciente refira que não está mais escutando o som, momento este em que o diapasão é colocado junto ao CAE cerca de 2 cm do mesmo, com os arcos no sentido perpendicular ao ouvido (para se evitar a zona muda). O Rinne é positivo quando o som é escutado por via aérea após não ser mais escutado por via óssea. Isto ocorre na audição normal e nas perdas neurossensoriais. O Rinne é negativo quando o som não é escutado por via aérea, após não ser mais escutado por via óssea. Isto ocorre nas perdas condutivas onde a audição por via óssea é mais prolongada, e o sistema amplificador da condução tímpano-ossicular está alterado. Esta diferença será percebida quando houver um gap aéreo-ósseo de 20 dB ou mais (20).

- **Teste de Weber**

O diapasão de 512 Hz, ou de 256 ou 128 Hz em ambientes com maior ruído de fundo, é colocado na linha média do osso frontal, glabella ou protuberância mentoniana. Se o som for ouvido de forma igual em ambos os ouvidos, considera-se que a audição é normal ou a perda auditiva é similar bilateralmente e assume-se que o teste é indiferente. Se o som se lateralizar para o ouvido de

melhor audição, considera-se que a perda é neurossensorial no lado afetado; se o som se lateralizar para o ouvido mais comprometido, a perda é de condução neste último (20).

### Exames audiométricos

- Audiograma vocal e tonal

O audiograma é um registo gráfico das variações dos limiares nas frequências compreendidas entre as 250Hz e os 8.000 Hz (6). Pode ser obtido a partir de uma audiometria tonal simples (utilizando sons puros) ou vocal (utilizando dissílabos).

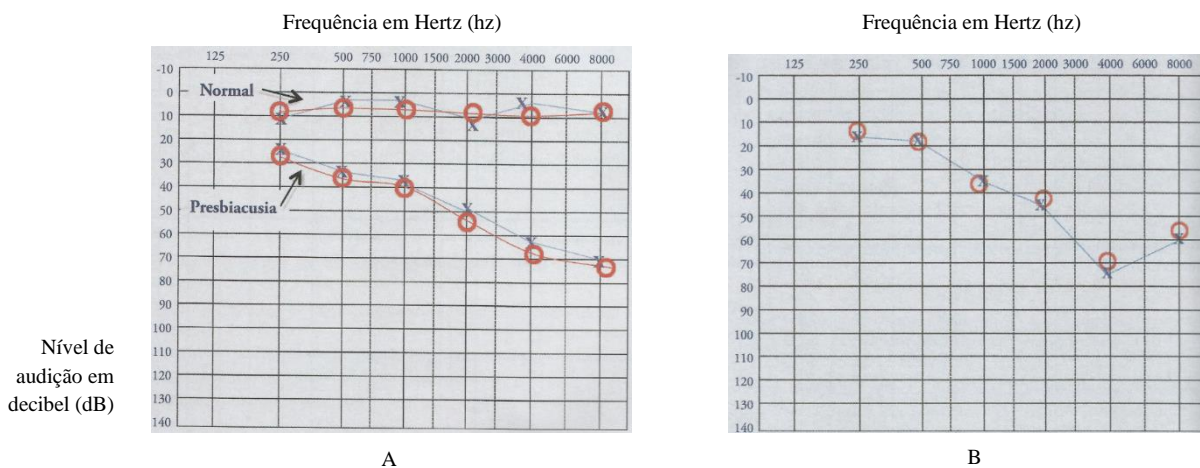


Figura 4 - Audiograma com traçado normal e de presbiacusia (A) e de perda auditiva induzida por ruído (B) (20)

- Otoemissões acústicas (OEA)

As OEA avaliam a função das células ciliadas externas e permitem detetar lesões subclínicas e apresentam-se alterados imediatamente após a exposição ao ruído. Este exame é considerado mais sensível que o audiograma, pois mesmo após a perda de uma pequena quantidade de células ciliadas, o exame apresentar-se-á com alterações. Assim, as OEA contribuem para um diagnóstico audiológico mais completo, complementando ou mesmo contrariando, por vezes, o audiograma tonal (12). Estes testes permitem também perceber quais as regiões da cóclea que foram afetadas e permite também detetar quais os indivíduos mais suscetíveis ao trauma acústico (17).

## **Tratamento**

A perda auditiva induzida por ruído é das doenças mais prevalentes no mundo passível de prevenção primária eficaz, no entanto, apesar das medidas tomadas pelos governos de vários países e as medidas implementadas pelas empresas para a proteção da audição dos trabalhadores, o número de pessoas afetadas pela doença continua a aumentar e até aos dias de hoje, não foi encontrada uma cura, contudo, existem medidas farmacológicas e cirúrgicas que podem ser tomadas para o seu tratamento. Tais como a terapia por oxigénio hiperbárico ou a toma de fármacos antioxidantes após exposição a ruído excessivo, para prevenir danos futuros nas células sensoriais do ouvido (6).

### Medidas Farmacológicas

Após o trauma acústico, existem várias alternativas farmacológicas que podem ser administradas por via intratimpânica ou oral (sistémica) com o objetivo de prevenir a ocorrência de perda de células ciliadas no ouvido interno.

O uso profilático de certas substâncias antioxidantes provou ser eficiente na redução da perda auditiva induzida por ruído. Os radicais livres de oxigénio e o stress oxidativo são fatores importantes na patogénese da perda auditiva induzida pelo ruído, sendo que causam danos no ADN das células ciliadas do ouvido interno, levando à perda auditiva, degradação de lipídios e proteínas e apoptose de células auditivas, ocorrendo consequentemente a perda auditiva e por isso, os antioxidantes podem constituir um tratamento eficaz (14,19,22), tais como a D-metionina e N-acetilcisteína, sendo que esta última demonstrou ter resultados na diminuição da perda auditiva se a toma for feita antes ou depois da exposição a ruído excessivo. A N-acetilcisteína é considerada como uma alternativa segura aos esteroides, pois os efeitos adversos são menos nefastos, pois ficou demonstrado que diminui os efeitos ototóxicos da exposição ao ruído em modelos animais. Outros antioxidantes que podem também ser considerados para o tratamento da perda auditiva induzida pelo ruído são o ginseng, a coenzima Q10, as vitaminas A, C, E e B12, bem como a associação entre o magnésio e as vitaminas A, C e E (14,18,19).

Os corticoesteroides (ex: dexametasona) possuem efeitos anti-inflamatórios comprovados, sendo que a aplicação deste fármaco a nível intratimpânico provou ter melhores resultados do que esteroides sistémicos (18).

Também as neurofinas NT-3 e o fator neurotrófico derivado do cérebro, provaram ser importantes para a manutenção das sinapses das fitas das células ciliadas na cóclea e no epitélio vestibular, pelo que a sua administração após o trauma acústico poderá evitar a apoptose de células auditivas (18,19).

A metformina é um agente anti-hiperglicémico oral usado no tratamento da diabetes tipo 2, que produz atividade metabólica no fígado através da regulação do metabolismo da glicose e gordura, suprimindo a produção de citocinas pró-inflamatórias e aumenta a síntese de óxido nítrico endotelial e a produção de óxido nítrico nas células endoteliais. Este processo leva à diminuição da taxa de lesões ateroscleróticas nos vasos sanguíneos que nutrem as células do ouvido interno e regula a homeostase mitocondrial, impedindo assim o stress oxidativo anteriormente mencionado e a apoptose celular. Provoca também um aumento da sobrevivência das células ciliadas auditivas cocleares após a administração de gentamicina, reduzindo a produção de espécies reativas de oxigénio, bem como reduz a morte celular em neurónios corticais (14,19).

### Implantes cocleares

Dependendo da gravidade da perda auditiva ou devido a dificuldades de comunicação graves devido à sinaptopatia, poderá ser recomendada a utilização de um implante coclear, com estimulação elétrica total ou eletroacústica (15).

O implante coclear é um dispositivo eletrónico, colocado no ouvido humano recorrendo a técnicas cirúrgicas específicas, para tratamento e reabilitação de doentes com hipoacusia sensorineural de grau severo a profundo (10). Através de uma estimulação elétrica do nervo auditivo este dispositivo proporciona melhorias na audição dos indivíduos, com um elevado grau de eficácia e segurança. Atualmente, os implantes multicanais são a primeira escolha e possuem um desempenho superior aos implantes de canal único.

Atualmente, o tratamento com implantes cocleares está indicado para adultos com surdez sensorineural bilateral de grau profundo ou de grau severo (neste caso propõe-se uma adaptação protética convencional por um período de 3 a 6 meses antes da aplicação do implante) (22–26). Contudo, nos últimos anos, foram criados critérios para a implantação de implantes em doentes que possuem alguma audição residual para baixas frequências (27). Estima-se que, globalmente, cerca de 324.000 adultos com deficiência auditiva receberam implantes cocleares (21).

O prognóstico clínico de recuperação da audição após aplicação do implante coclear depende do uso prévio de aparelhos auditivos, idade no momento da implantação, grau de surdez e plasticidade neural associada ao sistema auditivo (11,18).



*Figura 5 - Os mais recentes modelos de implantes cocleares (A) Advanced Bionics Corporation HR90; (B) Cochlear Corporation Nucleus 5; (C) Med-El GmbH Sonata ti100 (27)*

### **Prevenção e promoção de saúde**

A prevenção e promoção da saúde, através da elaboração e adoção de normas, diretivas, legislação e programas de segurança e saúde no trabalho, é essencial para que os indivíduos expostos a ruído excessivo possam meios para garantir a manutenção da sua saúde. A implementação de medidas de prevenção primária, tais como a construção de máquinas menos ruidosas ou o encapsulamento das mesmas, ou de medidas de prevenção secundária, tal como a utilização de protetores auriculares (15), levam à redução do ruído durante o trabalho, conferindo algum grau de proteção da saúde do trabalhador (5,18).

O impacto dos ruídos excessivos depende essencialmente de três fatores: intensidade do som, duração da exposição e distância à fonte sonora. Através da regulação destas variáveis, é possível proteger a audição dos trabalhadores (6). Em situações em que exista o risco de exposição a ruído excessivo devem caracterizar-se o ruído, as fontes e as condições de propagação do som, bem como as medidas de proteção coletiva e individual existentes (1).

A proteção individual auditiva consiste na inserção de protetores auriculares no ouvido externo ou abafadores externos, colocados sobre as orelhas, sendo que protetores auriculares personalizados garantem uma atenuação mais consistente do que os tampões não personalizados. Embora haja uma redução significativa de ruído, de 5 a 45 dB se corretamente usados, nenhum deles protege na totalidade a audição do trabalhador(15).

É de extrema importância o respeito pelos valores limites de ruído no local de trabalho, bem como a avaliação de riscos e a monitorização periódica da saúde dos trabalhadores (6).

O processo de avaliação de risco contempla as seguintes fases:

- avaliação inicial, nos 6 meses subsequentes ao início da exposição;
- avaliações suplementares, quando seja criado um novo posto de trabalho ou hajam alterações que provoquem uma variação significativa da exposição ao ruído, ou para corrigir avaliações realizadas anteriormente;
- avaliações periódicas (no mínimo anuais) sempre que seja atingido o valor limite de pico ou nível de ação (1,20).

Deverão ser também realizados exames médicos anuais aos trabalhadores, entre eles o audiograma, sempre que os resultados da avaliação de risco ultrapassem os valores limite de exposição permitidos por lei e a cada dois anos aos restantes trabalhadores expostos ao ruído (19).

A legislação é essencial para o cumprimento das medidas de prevenção e proteção da saúde dos trabalhadores, no entanto a motivação dos trabalhadores é essencial para a prevenção dos efeitos da exposição ao ruído excessivo (6).

#### Normas e Legislação Portuguesa

Em Portugal, a exposição ao ruído foi inicialmente abordada na Portaria nº 53/71, de 3 de Fevereiro, que aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos estabelecimentos industriais. Posteriormente, surge pela primeira vez como elemento central na legislação portuguesa, no DL nº 251/87, de 24 de Junho, que aprova o Regulamento Geral sobre o Ruído. Este DL constituiu o primeiro passo na legislação em matéria de exposição ao ruído.

Em 1992, é transporta para o direito interno português a Diretiva Comunitária nº 86/188/CEE, de 12 de Maio, que estabelece o quadro geral de proteção dos trabalhadores contra os riscos devidos à exposição ao ruído durante o trabalho, atualmente revogada pelo DL nº 182/2006 de 6 de Setembro.

Posteriormente é publicado o DL nº 182/2006, de 06 de Setembro, estabelece o valor limite de exposição e os valores de ação de exposição superior e inferior e determina um conjunto de medidas a aplicar sempre que sejam atingidos ou ultrapassados esses valores (1).

Existem várias normas portuguesas (NP) e europeias (EN) publicadas no âmbito da exposição e proteção ao ruído, que relatam com maior especificidade temas como a proteção auditiva, NP EN 352:1 (1996), NP EN 352:2 (1996), EN 458 (1996) e NP EN 352:3 (1997).

Mais recentemente, a Diretiva nº 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro, adotou prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído, que são aplicáveis a todos os Estados membros.

## **Conclusão**

Ao longo da História e evolução do ser humano, o som sempre esteve presente, como uma forma de comunicação ou sob a forma de entretenimento, tal como a música. No entanto, desde a antiguidade que o som, sob a sua forma mais incomodativa – o ruído, provoca consequências na saúde humana, nomeadamente na exposição ao ruído excessivo no local de trabalho, por longos ou curtos períodos de tempo. Esta exposição pode causar o trauma acústico, representando cerca de 16% de todos os casos de perda auditiva no mundo. Este é um verdadeiro problema de saúde pública. O trauma acústico pode ocorrer através de um trauma mecânico, onde existe comprometimento da anatomia do ouvido médio ou interno, ou através de um trauma metabólico, onde ocorre a perda de função ou apoptose das células ciliadas do ouvido interno.

As consequências para a saúde humana resultantes da exposição a ruído excessivo podem ser uma diminuição temporária ou permanente da audição, ocorrência de acufenos (bilateralmente, mas mais frequentes no ouvido esquerdo), concomitantemente ou não com outras manifestações extra-auditivas, tais como hipertensão, irritabilidade, distanciamento social.

Para o diagnóstico da perda auditiva induzida pelo ruído excessivo, deve iniciar-se com a colheita de uma história clínica detalhada e com o exame objetivo dirigido,



observando ambos os ouvidos com recurso a um otoscópio e devem ser realizados os exames de Rhinne e Weber. Como exames complementares de diagnóstico podem ser utilizados os audiogramas tonal ou vocal e as otoemissões acústicas. O trauma acústico pode ser prevenido, através da adoção de comportamentos de proteção da saúde, nomeadamente a criação de legislação, procedimentos e planos que objetivem a diminuição do risco de exposição ao ruído, tais como a utilização de equipamentos que em funcionamento emitam uma menor intensidade sonoras, a rotação de trabalhadores pelos postos de trabalho mais ruidosos, diminuindo o tempo de exposição ou a utilização de equipamentos de proteção individual (abafadores ou tampões auditivos).

Para ao tratamento do trauma acústico podem ser adotadas terapêuticas médicas ou cirúrgica. Vários estudos referem que o uso profilático de substâncias antioxidantes, tais como a D-metionina e N-acetilcisteína e os corticosteroides, como a dexametasona, provaram ser eficientes na redução da perda auditiva induzida por ruído. O uso de metformina demonstrou impedir o stress oxidativo em células ciliadas e consequentemente a sua apoptose celular, levando a um aumento da sobrevivência das células ciliadas auditivas cocleares após a administração de gentamicina. Dependendo da gravidade da perda auditiva e das dificuldades de comunicação, poderá ser recomendada a utilização de um implante coclear, com estimulação elétrica total ou eletroacústica.

Existem vários estudos internacionais publicados, no âmbito do trauma acústico e a sua correlação com o ruído industrial, no entanto, é parca a literatura sobre este tema em Portugal. Seria interessante, no futuro, correlacionar os níveis de ruído de alguns locais de trabalho, com as consequências reais na saúde dos trabalhadores, reportadas em contexto dos cuidados de saúde primários e/ou hospitalares.

## **Bibliografia**

1. Costa HSS. Exposição ao ruído ocupacional e sua repercussão na saúde dos trabalhadores da empresa CMP-Maceira. Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra; 2009.
2. Themann CL, Masterson EA, Themann CL, Masterson EA. Occupational noise exposure: A review of its effects , epidemiology , and impact with recommendations for reducing its burden. 2019;3879. Available from: <https://doi.org/10.1121/1.5134465>
3. Duarte ASM, Ng RTY, de Carvalho GM, Guimarães AC, Pinheiro LAM, da Costa EA, et al. High levels of sound pressure: Acoustic reflex thresholds and auditory complaints of workers with noise exposure. Braz J Otorhinolaryngol. 2015;81(4):374–83.
4. Shin SA, Lyu AR, Jeong SH, Kim TH, Park MJ, Park YH. Acoustic trauma modulates cochlear blood flow and vasoactive factors in a rodent model of noise-induced hearing loss. Int J Mol Sci. 2019;20(21):5–7.
5. Vilela MD de O. Trauma sonoro como mecanismo de surdez. Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa; 2016.
6. Nadol JB. Hearing Loss. N Engl J Med. 1993;329(15):1092–102.
7. Meinke DK, Finan DS, Flamme GA, Murphy WJ, Stewart M, Lankford JE, et al. Prevention of Noise-Induced Hearing Loss from Recreational Firearms. Semin Hear. 2017;38(4):267–81.
8. Mazer SE. Music, Noise, and the Environment of Care: History, Theory, and Practice. Music Med. 2010;2(3):182–91.
9. Fernandes APS. Ruído Ocupacional - Avaliação de Ruído - Estaleiro Central da SETH, S.A. Instituto Politécnico de Setúbal; 2013.
10. Dhingra PL, Dhingra Shruti DD. Disease of Ear Nose and Throat & Head and Neck Surgery. 6th ed. Elsevier, editor. Reed Elsevier India Private Limited iii; 2014. 286,307.

11. Beça AM da S. Ruido ocupacional e perdas auditivas numa empresa do ramo da metalomecânica. 2013;75.
12. Arch-Tirado E, Garnica-Escamilla MA, Delgado-Hernández A, Campos-Muñoz T, Rodríguez-Rodríguez L, Verduzco-Mendoza A. Trauma acústico generado por exposición a explosión de pólvora. *Cir Cir*. 2014;82(5):528–36.
13. Gedik Ö, Doğan R, Babademez MA, Karataş E, Aydın MŞ, Koçyiğit A, et al. Therapeutic effects of metformin for noise induced hearing loss. *Am J Otolaryngol - Head Neck Med Surg*. 2020;41(1).
14. Eisenhut M. Evidence Supporting the Hypothesis That Inflammation-Induced Vasospasm Is Involved in the Pathogenesis of Acquired. *Int J Otolaryngol*. 2019;
15. Le TN, Straatman L V., Lea J, Westerberg B. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options. *J Otolaryngol - Head Neck Surg*. 2017;46(1):1–15.
16. Guia indicativo de boas práticas para a aplicação da directiva 2003/10/ce “ruído no trabalho.” 2003.
17. Sofia D, Gonçalves M. Trauma Acústico Recreativo. Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa; 2016.
18. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health Mathias. *Lancet* [Internet]. 2014;383(9925):1325–32. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3624763/pdf/nihms412728.pdf>
19. Garcia-gomez J. Sordera por ruido. El traumatismo acustico y los accidentes auditivos en la industria. *Boletín la Of Sanit Panam* [Internet]. 1983;95(1):14–20. Available from: <http://biblat.unam.mx/es/revista/boletin-de-la-oficina-sanitaria-panamericana/articulo/sordera-por-ruido-el-traumatismo-acustico-y-los-accidentes-auditivos-en-la-industria>
20. Castelo-Branco, L.; Guerra Pereira N.; Gago T. Competências Clínicas Práticas e Preparação para OSCE. 1ª. Lidel, editor. Lisboa; 2016. 351, 352 p.

21. Miao L, Ji J, Wan L, Zhang J, Yin L, Pu Y. An overview of research trends and genetic polymorphisms for noise-induced hearing loss from 2009 to 2018. *Environ Sci Pollut Res*. 2019;
22. Department of Health Western Australia. Clinical guidelines for adult cochlear implantation. 2013;(January):18.
23. Boisvert I, McMahon CM, Dowell RC, Lyxell B. Long-term asymmetric hearing affects cochlear implantation outcomes differently in adults with pre- and postlingual hearing loss. *PLoS One*. 2015;10(6):1–11.
24. Vlastarakos P V., Nazos K, Tavoulari EF, Nikolopoulos TP. Cochlear implantation for single-sided deafness: The outcomes. An evidence-based approach. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*. 2014;271(8):2119–26.
25. National Institute for Health and Clinical Excellence. Cochlear implants for children and adults with severe to profound deafness. *NICE Technol Apprais Guid*. 2019;(March 2019):1–41.
26. Bond M, Mealing S, Anderson R, Elston J, Weiner G, Taylor RS, et al. The effectiveness and cost-effectiveness of cochlear implants for severe to profound deafness in children and adults: A systematic review and economic model. *Health Technol Assess (Rockv)*. 2009;13(44).
27. Nascimento ML do. *Implantes Cocleares*. Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa; 2016.